

501.43127X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): SHISHIDO, et al.
Serial No.: Not assigned
Filed: October 7, 2003
Title: A METHOD FOR MEASURING THREE DIMENSIONAL SHAPE
OF A FINE PATTERN
Group: Not assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

October 7, 2003

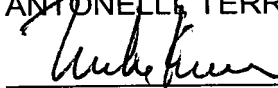
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Application No.(s) 2003-008998 filed January 17, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/amr
Attachment
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 1月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-008998

[ST.10/C]:

[JP 2003-008998]

出 願 人

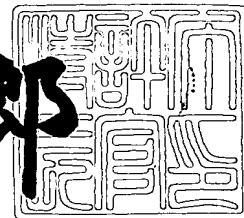
Applicant(s):

株式会社日立ハイテクノロジーズ

2003年 4月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3023786

【書類名】 特許願

【整理番号】 K02009001A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 21/02

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
 製作所生産技術研究所内

 【氏名】 宍戸 千絵

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
 製作所生産技術研究所内

 【氏名】 中垣 亮

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
 製作所生産技術研究所内

 【氏名】 田中 麻紀

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイ
 テクノロジーズ 設計・製造統括本部 那珂事業所内

 【氏名】 渡辺 健二

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイ
 テクノロジーズ 設計・製造統括本部 那珂事業所内

 【氏名】 豊嶋 祐也

【特許出願人】

 【識別番号】 501387839

 【氏名又は名称】 株式会社 日立ハイテクノロジーズ

【代理人】

 【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微細パターンの 3 次元形状測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成された微細パターンの 3 次元形状を測定する方法であって、前記基板を光学的に計測して前記微細パターンの高さの情報を得、前記基板を電子顕微鏡で撮像して前記微細パターンの電子線画像情報を得、前記得た微細パターンの高さの情報と電子線画像情報とを用いて前記微細パターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 2】

前記微細パターンの高さの情報を、前記基板上に形成されたテストパターンを光学的に計測して求めた該テストパターンの高さ情報から得ることを特徴とする請求項 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 3】

前記微細パターンの高さの情報を、スキュタロメトリのより得ることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 4】

前記微細パターンの電子線画像情報は、該微細パターンの平面情報と該微細パターンの側面の勾配変化情報とを含み、該平面情報と側面の勾配変化情報とを前記微細パターンの高さの情報と組合わせることにより前記微細パターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 5】

前記微細パターンの電子線画像情報は、前記基板に対する前記電子顕微鏡の電子線の入射角を変化させて撮像して得た複数の電子線画像の情報を含むことを特徴とする請求項 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 6】

前記電子顕微鏡は複数の反射電子検出器を備え、前記微細パターンの電子線画像情報が、前記電子顕微鏡の複数の反射電子検出器で検出して得た複数の電子線

画像から得た情報であることを特徴とする請求項 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 7】

前記複数の反射電子検出器によって得られる複数の反射電子像から、照度差ステレオの原理で前記微細パターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 7 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 8】

基板上に薄膜で形成された微細パターンの 3 次元形状を測定する方法であって、前記基板上に所定のピッチで繰り返し形成された第 1 のパターンをスキヤタロメトリで計測して前記第 1 のパターンの高さの情報を得、前記基板上に形成された第 2 のパターンを電子顕微鏡で撮像して前記第 2 のパターンの電子線画像情報を得、前記第 1 のパターンの高さの情報と前記第 2 のパターンの電子線画像情報とを用いて前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 9】

前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定するときに、前記第 1 のパターンの高さの情報から前記第 2 のパターンの高さを推定し、該推定した前記第 2 のパターンの高さの情報と該第 2 のパターンの電子線画像情報とを用いて前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 8 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 10】

前記第 2 のパターンの電子線画像情報は、該第 2 のパターンの平面情報と該微細パターンの側面の勾配変化情報とを含み、該平面情報と側面の勾配変化情報とを前記第 1 のパターンの高さの情報と組合わせることにより前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 8 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 11】

基板上に形成された微細パターンの 3 次元形状を測定する方法であって、前記基板を光学的に計測して得た情報と前記基板を電子顕微鏡で撮像して得た複数の

電子線画像情報とを用いて前記微細パターンの 3 次元形状を測定し、該測定した前記微細パターンの 3 次元形状に関する情報を前記微細パターンの複数の電子線画像と共に画面上に表示することを特徴とする微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 1 2】

前記微細パターンの複数の電子線画像のうちの一つの画像の複数の走査ラインの信号を足し合わせた波形信号を前記画面上に表示することを特徴とする請求項 1 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 1 3】

前記基板を光学的に計測して得た情報は、前記基板上に形成したテストパターンをスキヤタロメトリにより計測して得た情報であることを特徴とする請求項 1 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 1 4】

前記基板を電子顕微鏡で撮像して得た複数の電子線画像情報は、前記基板に対する前記電子顕微鏡の電子線の入射角を変化させて撮像して得た複数の電子線画像から得た情報であることを特徴とする請求項 1 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 1 5】

前記基板を電子顕微鏡で撮像して得た複数の電子線画像情報は、前記電子顕微鏡に備えられた複数の反射電子検出器で検出して得た複数の電子線画像から得た情報であることを特徴とする請求項 1 1 記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体メモリや集積演算回路などの半導体デバイスに形成された微細パターンの 3 次元形状を測定する方法に関する。

【 0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体デバイス上に形成された微細パターンの寸法を測定する技術として、試料に電子線を照射して発生する二次電子や反射電子を検出することによって対象物の電子線像を得るSEM（走査型電子顕微鏡）が用いられている。半導体プロセスで最も普及しているSEMは測長SEMと呼ばれ、主に、二次電子線像による寸法計測が行われている。

【0003】

図2は、対象物の断面形状と二次電子像との関係を示したものである。二次電子強度は、対象物の勾配が大きいほど大きいので、同図のように、対象パターンのエッジ部（傾斜面部）が明るく（以下ブライトバンドと呼ぶ）、平坦部が暗い画像が得られる。このブライトバンドを利用して、画像上でd1を計測すれば対象物のボトム寸法を、d2を計測すればトップ寸法を知ることができるが、対象物の高さや、エッジの傾斜角度といった3次元情報は知り得ない。

【0004】

半導体プロセスにおいては、従来から露光機やエッチャーといった製造装置の条件出し、あるいはプロセス変動の監視を目的に、上記の測長SEMが用いられてきた。しかし、パターンの微細化が進むにつれ、様々な場面で対象物の3次元形状を計測するニーズが高まっており、測長SEMでは対応できない状況が生まれつつある。

断面形状を計測する従来技術としては、（1）ウェーハを切断またはFIB加工して、切り口を電子顕微鏡で観察する方法、（2）AFM（原始間力顕微鏡）で観察する方法、（3）スキヤタロメトリを用いる方法、等があるが、これらにはそれぞれ次のような問題点がある。

【0005】

（1）のウェーハを切断またはFIB加工して切り口を電子顕微鏡で観察する断面観察方法は、断面を観察するまでの準備に長時間を要する上、切断あるいはFIB加工が行われたウェーハは、汚染されているために製品にならなくなるという問題があり、量産プロセスにおけるプロセス変動監視といった用途には合わない。

【0006】

(2) の A F M による観察は、(1) のウェーハの断面観察を行う場合のように長時間を要することはないが、一般的な測長 S E M と比べるとスループットが低い上 (1 / 3 程度)、チップ形状の制約から計測可能なパターンに限られるという問題がある。3 次元形状の計測を必要とするようなプロセス変動に対するクリティカルポイントが計測できなければ計測の意味はない。

【 0 0 0 7 】

(3) のスキャタロメトリは、高速で、かつ、非破壊に断面形状が計測可能なツールとして近年注目を浴びている技術である。スキャタロメトリは、対象物からの散乱光の分光強度分布が対象物の材質、断面形状によって異なることを利用して、実測した対象物の分光強度分布を、予めオフラインでのシミュレーションにより作成しておいた様々な断面形状モデルに対する分光強度分布ライブラリとマッチングすることによって、対象物の断面形状を間接的に計測する手法である (図 3 参照)。原理的には対象パターンの形状に限定はないが、あらゆる形状バリエーションを網羅したライブラリを生成することは現在の計算機パワーでは不可能であり、現状で適用可能なパターンは、一方向に均一に繰り返されるライン & スペースパターンに限られている。従って、スキャタロメトリは、ウェーハ上に設けた専用のテストパターンの計測に用いるという使用形態にならざるを得ず、任意のパターン (例えば、プロセス変動に対するクリティカルポイント) を計測するニーズには応えられない。

【 0 0 0 8 】

本発明に関連する先行技術としては、特許文献 1 ～ 3 に示すようなものがある。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】

特開平 0 3 - 1 4 1 5 4 4 号公報

【特許文献 2】

特開平 0 4 - 3 4 2 9 4 2 号公報

【特許文献 3】

特表 2 0 0 2 - 5 0 6 2 1 7 号公報

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

従来の技術のうち、半導体プロセスで広く普及している測長 S E M は、任意パターンの電子線像から平面形状の計測はできるが、3次元形状が計測できないという問題がある。また、スキヤタロメトリは3次元形状の計測が可能ではあるが、対象パターンがライン&スペースパターンに限られるため、計測用に形成されたテストパターンしか計測できないという問題がある。

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、半導体デバイスに形成された任意の微細パターンの3次元形状の測定方法、すなわち、テストパターンに限定されない3次元形状の測定方法を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、スキヤタロメトリ等の光学式測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に、電子顕微鏡で微細パターンの電子線像を取得し、電子線像から得られる微細パターンの平面情報とテストパターンの断面形状情報とを組み合わせることにより、微細パターンの3次元形状を測定するようにした。

【 0 0 1 3 】

また、本発明では、スキヤタロメトリ等の光学式測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に、電子顕微鏡で任意パターンの電子線像を取得し、電子線像上に反映された微細パターン表面の勾配変化情報にテストパターンの断面形状情報を適用することで、微細パターンの3次元形状を測定するようにした。

【 0 0 1 4 】

更に、本発明では、スキヤタロメトリ等の光学式測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に、電子顕微鏡でもテストパターンの電子線像を取得し、断面形状情報と電子線像とからこれらの関係式を導出し、この関係式を、微細パターンの電子線像に対して適用することで、微細パターンの3次元形状を

測定するようにした。

【 0 0 1 5 】

更に、本発明では、スキヤタロメトリ等の光学式測定機構で得られたテストパターンの断面形状情報を、下記（１）、（２）の手法で微細パターンの３次元形状を算出する際の拘束条件として用いるようにした。

（１）ビームチルト機構あるいはステージチルト機構を有する電子顕微鏡を用いて得られるチルト角が異なる複数の画像を用いて三角測量の原理で微細パターンの３次元形状を測定する。

（２）複数の反射電子検出器によって得られる複数の反射電子像から、照度差ステレオの原理で微細パターンの３次元形状を測定する。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面を用いて説明する。

〔第１の実施の形態〕

本発明の第１の実施の形態を図１に示す。

【 0 0 1 7 】

ウェハ１００には多数の半導体チップ２０１が形成される。これら半導体チップ２０１の間にはスクライブ領域２０４が設けられ、この領域で切断されて半導体チップが完成する。このスクライブ領域２０４にテストパターン２０２を設ける。テストパターン２０２は半導体チップ２０１内のデバイスパターン２０３と同一の製造プロセスで形成する。すなわち、テストパターン２０２とデバイスパターン２０３の材料は同じであり、膜厚も概略等しい。

【 0 0 1 8 】

図１に示すように、ＳＥＭを用いて所望箇所２０４の電子線像を取得すると共に、スキヤタロメトリを用いてテストパターン２０２の計測を行う。

【 0 0 1 9 】

図１１は、測定の手順を示すフローチャートである。電子線像からは線幅 W_n 、ブライトバンド幅 E_n を計測する。ここで、 n は画像上 y 方向の計測位置を示す。スキヤタロメトリから得られるテストパターンの断面形状情報のうち膜厚 h

を用いれば、図 1 に示すように、断面を台形とみなした場合の、計測位置 n における傾斜角 θ_n を求めることができる。

【 0 0 2 0 】

実際には断面形状は台形ではなく、図 4 (a) に示すように、ボトムには裾引きがあったり、トップには丸まりがあったりする。このような場合、図 4 (b) に示した SEM で検出したデバイスパターンの電子線画像信号から図 4 (c) に示すように 1 次微分波形を求めることにより、平均傾斜角 ($\tan^{-1} (H/E)$) : ここで、 H は断面を台形とみなしたときの高さ、 E はパターンを上方から見たときの傾斜面のトップとボトムとの間の幅) と、ボトムの裾引きの程度 (B/H : ここで、 B は 1 次微分波形におけるボトム部の信号の立ち上がり部から極大となる点までの幅) や、トップの丸まりの程度 (T/H : ここで、 T は 1 次微分波形における極小となる位置からトップ部で信号がフラットになる位置までの距離) などを定量化してパターンの形状を評価するようにしても良い。

【 0 0 2 1 】

また、図 5 (b) は対象物が図 5 (a) に示すような断面形状を有する場合の電子線像の信号波形であるが、傾斜面の各点 i における信号強度 SE_i が、 $1/\cos \theta_i$ (θ_i は対象物の傾斜角) に比例する (図 5 中に記載した式 5. 1 の関係) ことから、次のようにして断面形状を求めてもよい。

【 0 0 2 2 】

すなわち、図 5 中に記載した式 5. 1 には a 、 b 二つの未知数があるが、 $\tan \theta_i$ を $i = 0$ から N の区間で積分した結果が膜厚 H になるように (図 5 中に記載した式 5. 2 の関係 : 式 5. 2 において、 d は図 4 の E に相当する傾斜面のトップとボトムの間の幅を $1/N$ 倍にしたもの)、最小二乗法等により a 、 b を求めて、図 5 中に記載した式 5. 1 に代入することによって断面形状を求めても良い。

[第 2 の実施の形態]

本発明の第 2 の実施の形態を、図 6 に示す。

【 0 0 2 3 】

本実施例では、ビームチルト機構あるいはステージチルト機構を有する電子顕

微鏡を用いて得られるチルト角が異なる複数の画像を用い、ステレオスコピックの原理で対象物の 3 次元形状を得る。図 7 (a) は、チルト角が $\alpha 1$ における、電子線像、図 7 (b) はチルト角が $\alpha 2$ における電子線像である。チルト角によって、図 7 (c)、(d) に示すように、垂直上方からみたエッジ部の幅が異なるため、図 7 (a) と (b) とではブライトバンドの幅が異なる。

【 0 0 2 4 】

画像からブライトバンド幅 $E 1$ 、 $E 2$ を計測すれば、図 7 中に記載した式 7. 1 により、エッジの傾斜角 θ が求まり、これを図 7 中に記載した式 7. 2 に代入すれば高さ $H 0$ を求めることができる。実際の対象物では、 $E 1$ 、 $E 2$ は一定ではなく、場所によって異なるため、図 7 (a) のブライトバンド幅の計測点が図 7 (b) 上のどこに対応するかを決定する必要があるが、対象物の表面がなだらかな場合など、対応点を正確に決定することが難しい。ここでスキャタロメトリから得られる膜厚 h の情報を利用することができる。すなわち、対応点を決定するのではなく、複数の候補点を求めておき、式 7. 2 により高さを求めた、その算出結果が h と異なっていれば、候補から外すというように利用する。

【 0 0 2 5 】

なお、図 7 では簡単のためエッジ部の始点と終点のみを対応点としたが、対象物表面の凹凸などによってエッジ部途中にも特徴的なポイントがあれば、それらに対応点に加えるようにしてもよい。こうして得られた 3 次元形状は、3 次元的なエッジラフネスの状態を把握するのにも有効である。

〔第 3 の実施の形態〕

本発明の第 3 の実施の形態を、図 8 に示す。

【 0 0 2 6 】

本実施例では、左右の反射電子像（左右 2 個の反射電子線検出器を設け、同時に 2 枚の反射電子線像を得る）を用いて、図 9 に示す照度差ステレオの原理で対象物の 3 次元形状を得る。図 9 (a)、(b) は左右それぞれの検出器で得られる画像、および、信号波形である。(a) では左側のエッジが明るく、陰になる右側のエッジが暗く検出され、(b) ではその逆となる。

【 0 0 2 7 】

式（9、1）において、 K は傾斜角 θ が既知のサンプルの信号強度 A および B を計測して実験的に決定する必要がある。本実施の形態においては、テストパターンをスキヤタロメトリとSEMの両方で計測し、スキヤタロメトリの計測結果から θ を求め、信号強度 A 、 B を式（9、1）に代入することで K を求める。一旦 K が求めれば、任意パターンの反射電子線像の信号強度から、断面形状を求めることが可能である。なお、第2の実施の形態では対応点探索の問題があったが、本実施の形態の場合、電子線照射による対象物からの反射電子を左右に設けた二つの検出器で同時に取得するため、二つの画像の位置は完全に一致しており、対応点探索の問題はない。

【0028】

実際の断面形状は、図9（c）のような台形ではなく、図9（e）のように傾斜角が刻々と変化している。この場合も考え方は同じで、予めテストパターンをスキヤタロメトリとSEMの両方で計測して k を求めておき、式（9、3）により各点の傾斜角 θ_i を求めればよく、 $\tan \theta_i$ を積分すれば高さ H_0 も求まる。このようにすることによって、左右の反射電子像から任意の三次元形状を求めることができる。

〔半導体プロセスにおける利用形態〕

図10に、本発明に基づく3次元形状計測方法を、半導体プロセスにおいて利用する形態を示す。同図のように、スキヤタロメトリ110とSEM111とを近接して設置し、同一のコンソール112を用いてコントロールしてレジスト露光・現像工程120とエッチング工程130との前後で計測を行う。スキヤタロメトリ110とSEM111とは、レシビサーバ140、着工来歴管理システム141、CDデータ収集・解析システム142などと、通信回線150を介して接続されている。

【0029】

このように配置されたシステムを用いて、レジスト露光・現像工程120を経たレジストパターンが形成されたウェハについて、スキヤタロメトリ110とSEM111とを用いてレジストパターンの3次元形状計測を行うことにより、レジスト露光・現像工程120を監視することができる。

【0030】

また、エッチング工程を経て素子や回路パターンが形成されたウェハについて、スキャタロメトリ110とSEM111とを用いて素子や回路パターンの3次元形状計測を行うことにより、エッチング工程130を監視することができる。

【0031】

更に、レジストパターンの3次元形状計測データと素子や回路パターンの3次元形状計測データとを、通信回線150を介してQCデータ収集・解析システム142に送り、両データの関連性を解析し、この解析結果と着工来歴管理システム141に記憶されている着工来歴データとに基いて、レシピサーバ140に記憶されているレジスト露光・現像工程のレシピやエッチング工程のレシピを制御することができる。

〔結果の表示方法〕

図12および図13に、スキャタロメトリ110とSEM111とを用いてパターンを3次元計測した結果を出力する画面の一例を示す。

【0032】

図12は、第2の実施の形態における表示画面の一例で、一つの画面内に、SEM画像と2種類のチルト像、3次元計測した結果を表示する。そして、SEM像には、2種類のチルト像を観察した範囲を表示し、その範囲内の電子線信号波形をSEM像に重ね合わせて表示する。

【0033】

この電子線信号波形は、2種類のチルト像を観察した範囲の代表的な1走査ライン分の信号波形、または複数の走査ラインの信号を足し合わせたもの、または2種類のチルト像を観察した範囲全部の検出信号を足し合わせたものを用いても良い（このように、多くの走査ラインの信号波形を足し合わせるにより、S/Nの良い信号は計を得ることができる）。

【0034】

また、3次元計測した結果としては、パターンの断面形状を示す図と、断面各部の形状データを表示する。ここで、パターンが複数の層で形成されているときには、各層ごとの断面計上データを表示するようにしてもよい。

図 1 3 は、第 3 の実施の形態における表示画面の一例で、一つの画面内に、S E M 画像と 2 種類の反射電子線像、3 次元計測した結果を表示する。そして、S E M 像には、2 種類の反射電子線像を観察した範囲を表示し、その範囲内の電子線信号波形を S E M 像に重ね合わせて表示する。

【 0 0 3 5 】

この電子線信号波形は、図 1 2 で説明したのと同様に、2 種類の反射電子線像を観察した範囲の代表的な 1 走査ライン分の信号波形、または複数の走査ラインの信号を足し合わせたもの、または 2 種類の反射電子線像を観察した範囲全部の検出信号を足し合わせたものを用いても良い（このように、多くの走査ラインの信号波形を足し合わせるにより、S / N の良い信号波形を得ることができる）。

【 0 0 3 6 】

また、3 次元計測した結果としては、パターンの断面形状を示す図と、断面各部の形状データを表示する。ここで、パターンが複数の層で形成されているときには、各層ごとの 2 次電子放出効率の違いによる検出信号の変化から各層を識別することができるので、これを利用して各層ごとの断面形状データを求め、これを表示するようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

【発明の効果】

上述したように、本発明によれば、半導体メモリや集積演算回路などの半導体デバイスに形成された微細パターンの 3 次元形状を、半導体デバイスを破壊することなく、より精度良く測定することができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態における計測の流れを示す図である。

【図 2】 従来の測長 S E M による計測を説明する測定対象の断面とその 2 次電子像を示す図である。

【図 3】 スキャタロメトリの方式の概要を説明する図である。

【図 4】 本発明の第 1 の実施の形態を説明する図で、（a）は、パターンの断面形状を示す図、（b）は、（a）のパターンの S E M 画像信号の信号波形を示

す図、(c)は、(b)の信号波形を1次微分して得た1次微分波形図である。

【図5】 本発明の第1の実施の形態を説明する図で、(a)は、パターンの断面形状を示す図、(b)は、(a)のパターンのSEM画像信号の信号波形を示す図、(c)は、の変形として、2次電子信号強度から対象物の3次元形状を算出する方法を示す図である。

【図6】 本発明の第2の実施の形態における計測の流れを示す図である。

【図7】 本発明の第2の実施の形態におけるステレオスコピックの原理を説明する図である。

【図8】 本発明の第3の実施の形態における計測の流れを示す図である。

【図9】 本発明の第3の実施の形態の原理の説明する図である。

【図10】 本発明に基づく3次元形状計測方法の半導体プロセスにおける利用形態を示す半導体製造ラインのブロック図である。

【図11】 3次元形状の測定の手順を示すフローチャートである。

【図12】 本発明の第2の実施の形態における計測結果を表示する画面の正面図である。

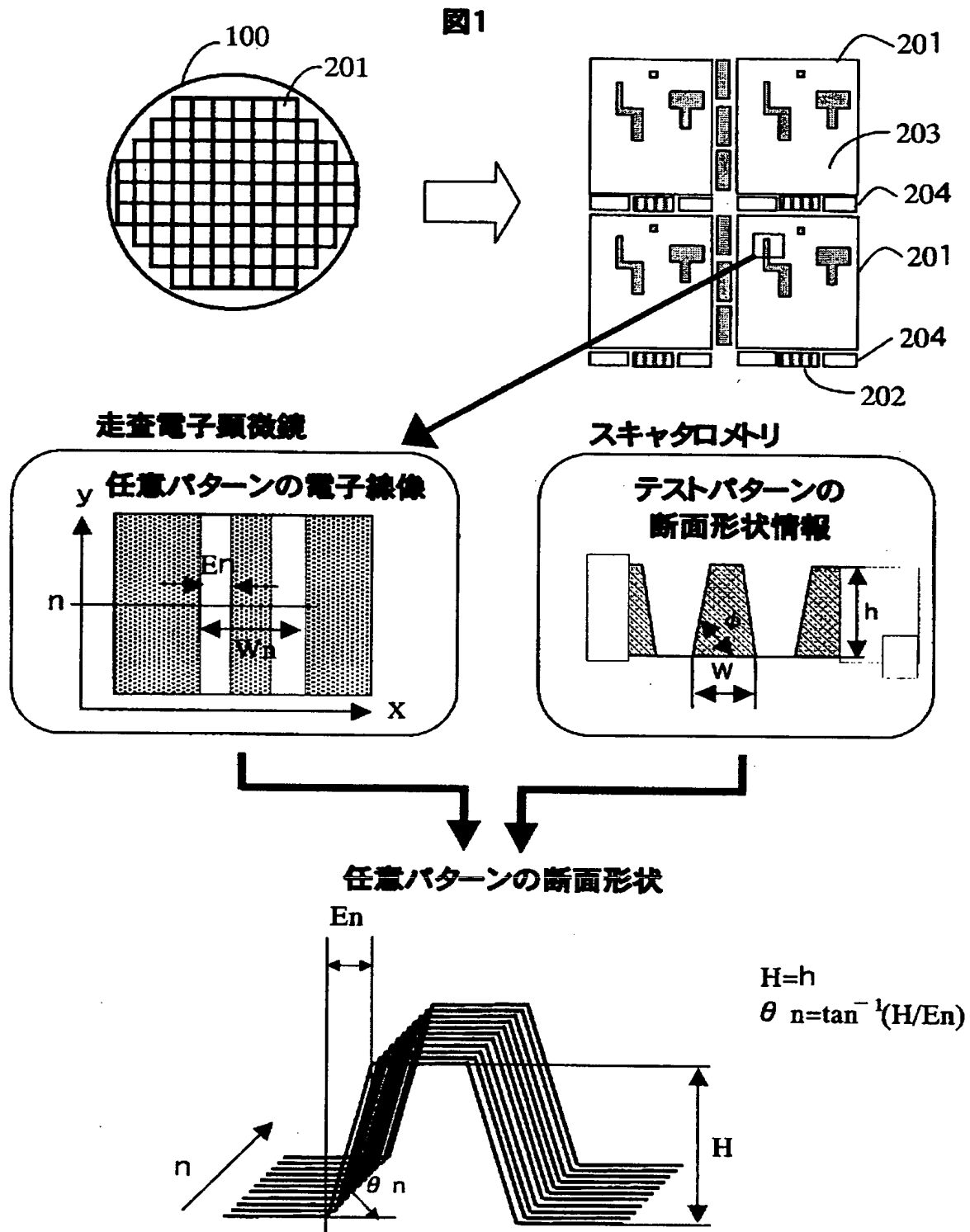
【図13】 本発明の第3の実施の形態における計測結果を表示する画面の正面図である。

【符号の説明】

100…ウェハ、116…画像処理装置、201…半導体チップ、202…テストパターン領域、204…デバイスパターン

【書類名】 図面

【図 1】

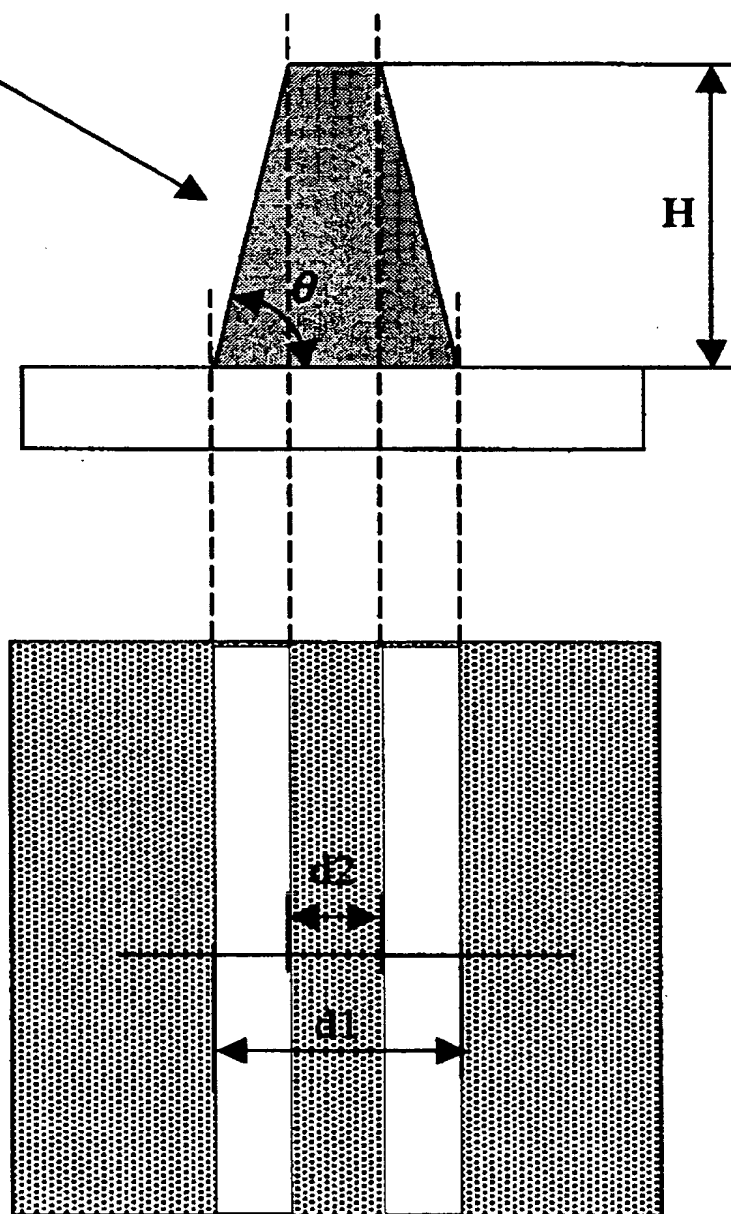


【図 2】

図2

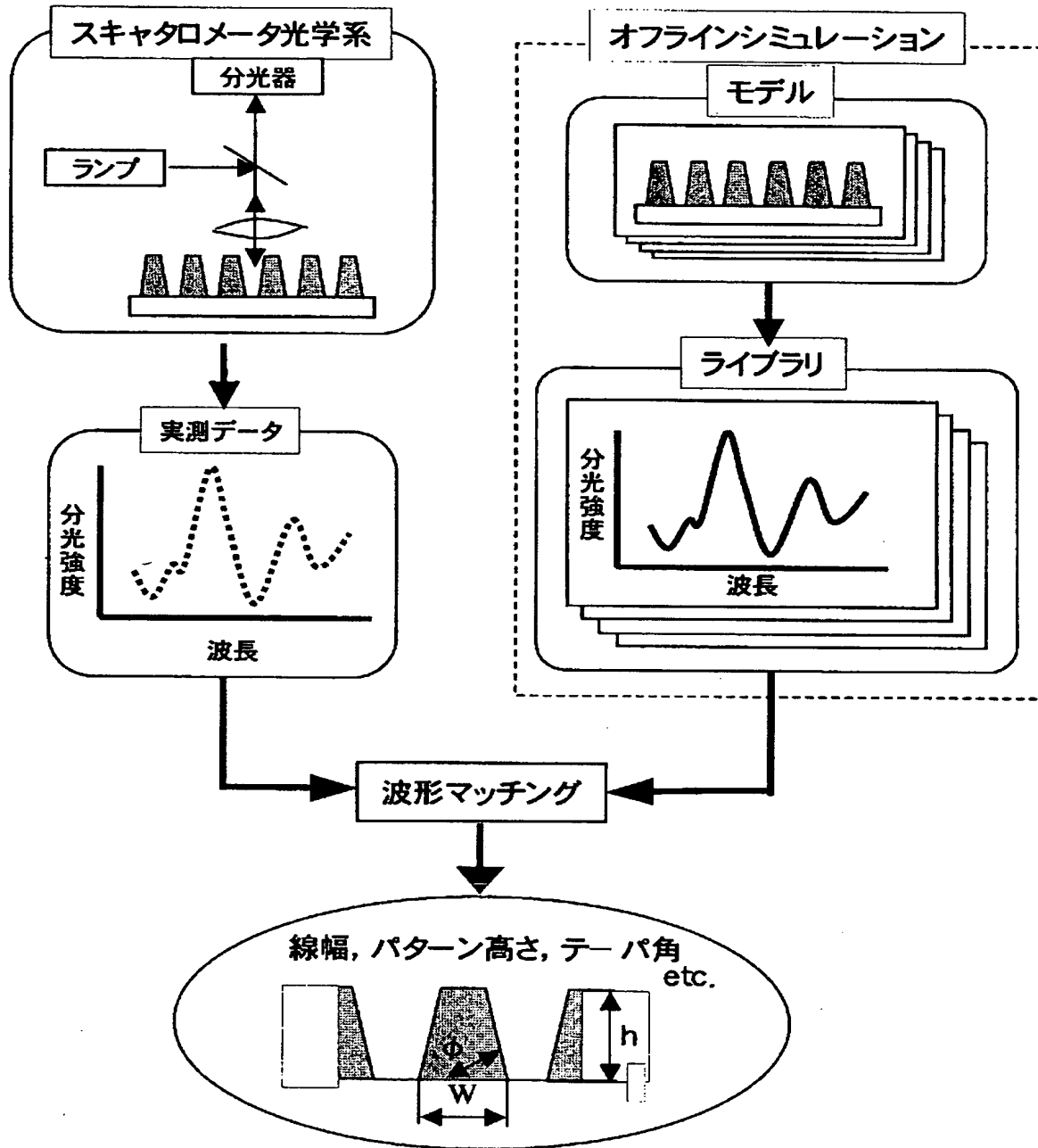
測定対象の断面

二次電子像



【図3】

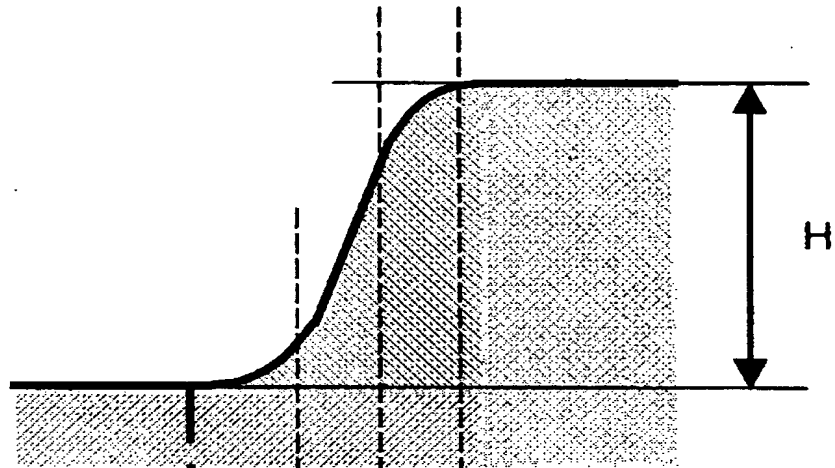
図3



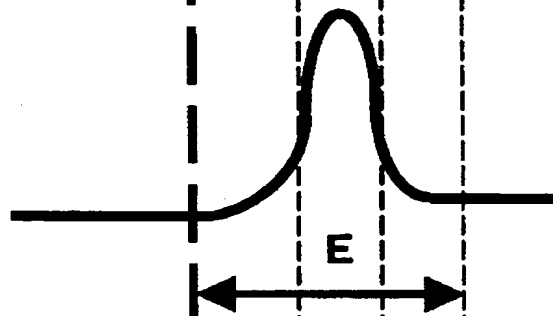
【図 4】

図 4

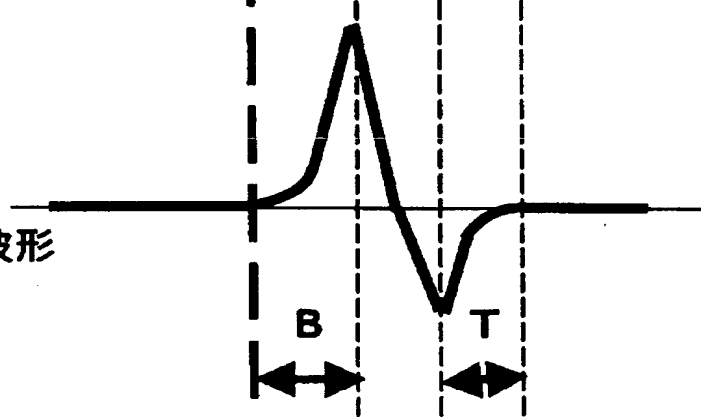
(a) 断面形状



(b) 信号波形



(c) 一次微分波形



平均傾斜角: $\tan^{-1}(H/E)$

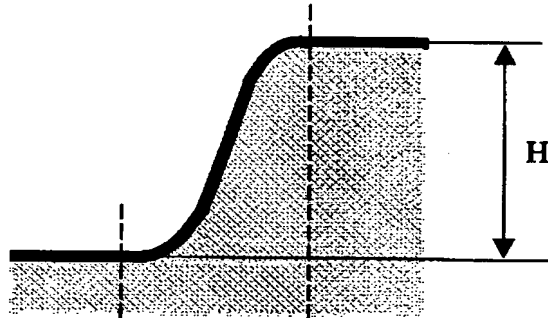
ボトムの裾引き: B/H

トップの丸まり: T/H

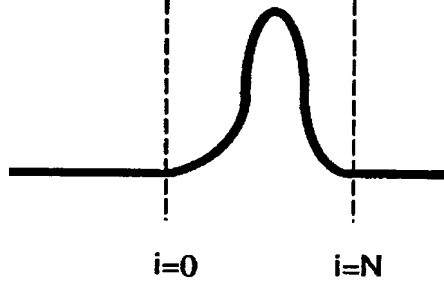
【図 5】

図5

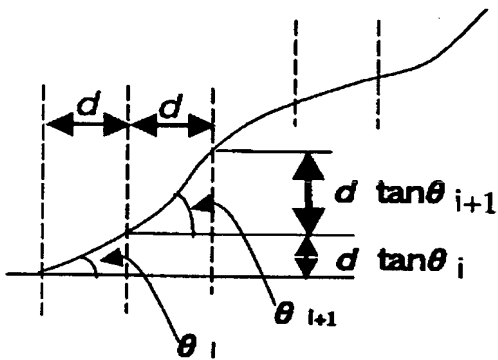
(a)断面形状



(b)信号波形



(c)

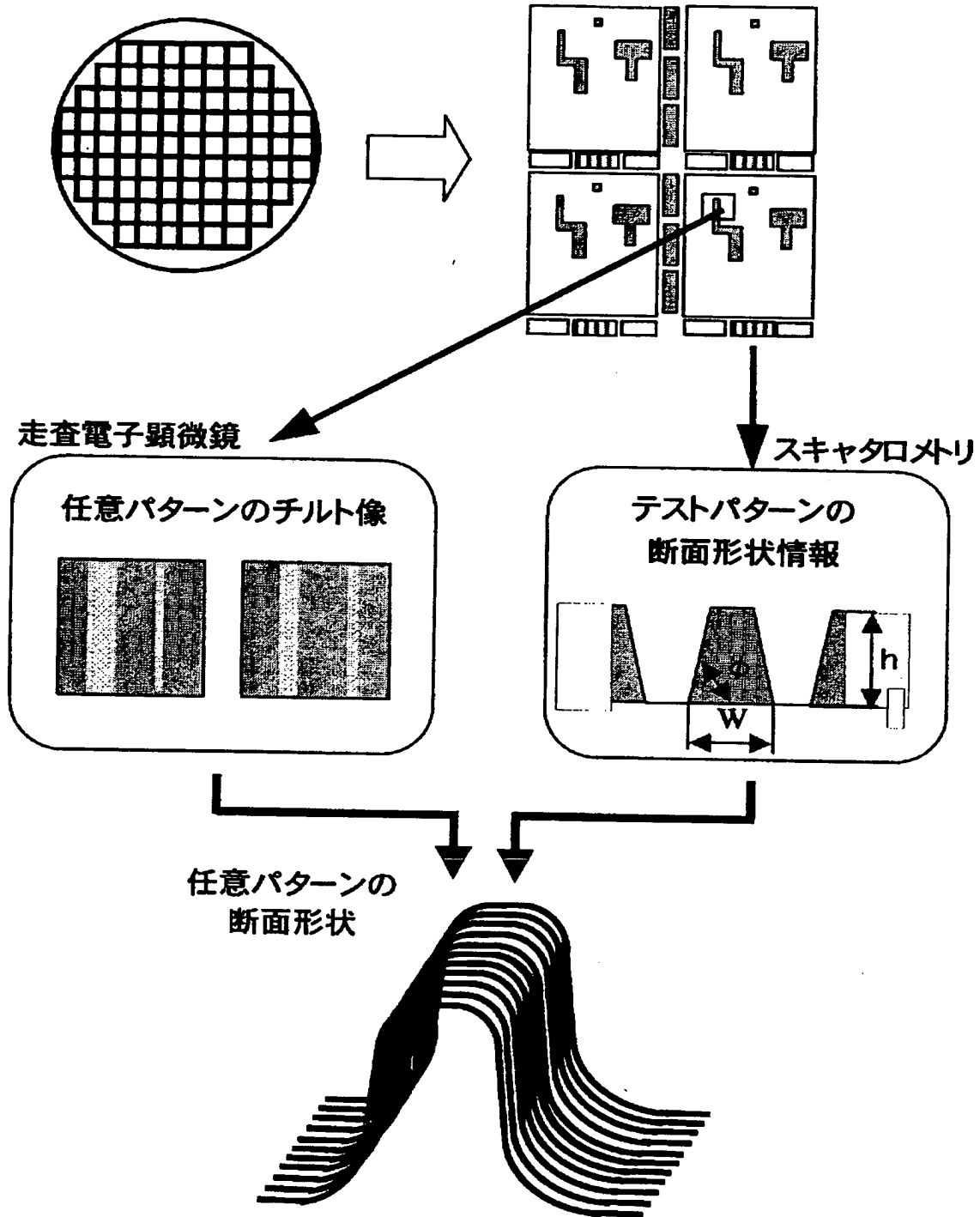


$$SE_i = a \cdot \frac{1}{\cos \theta_i} + b \quad \dots (5.1)$$

$$H = \sum_{i=0}^N d \cdot \tan \theta_i \quad \dots (5.2)$$

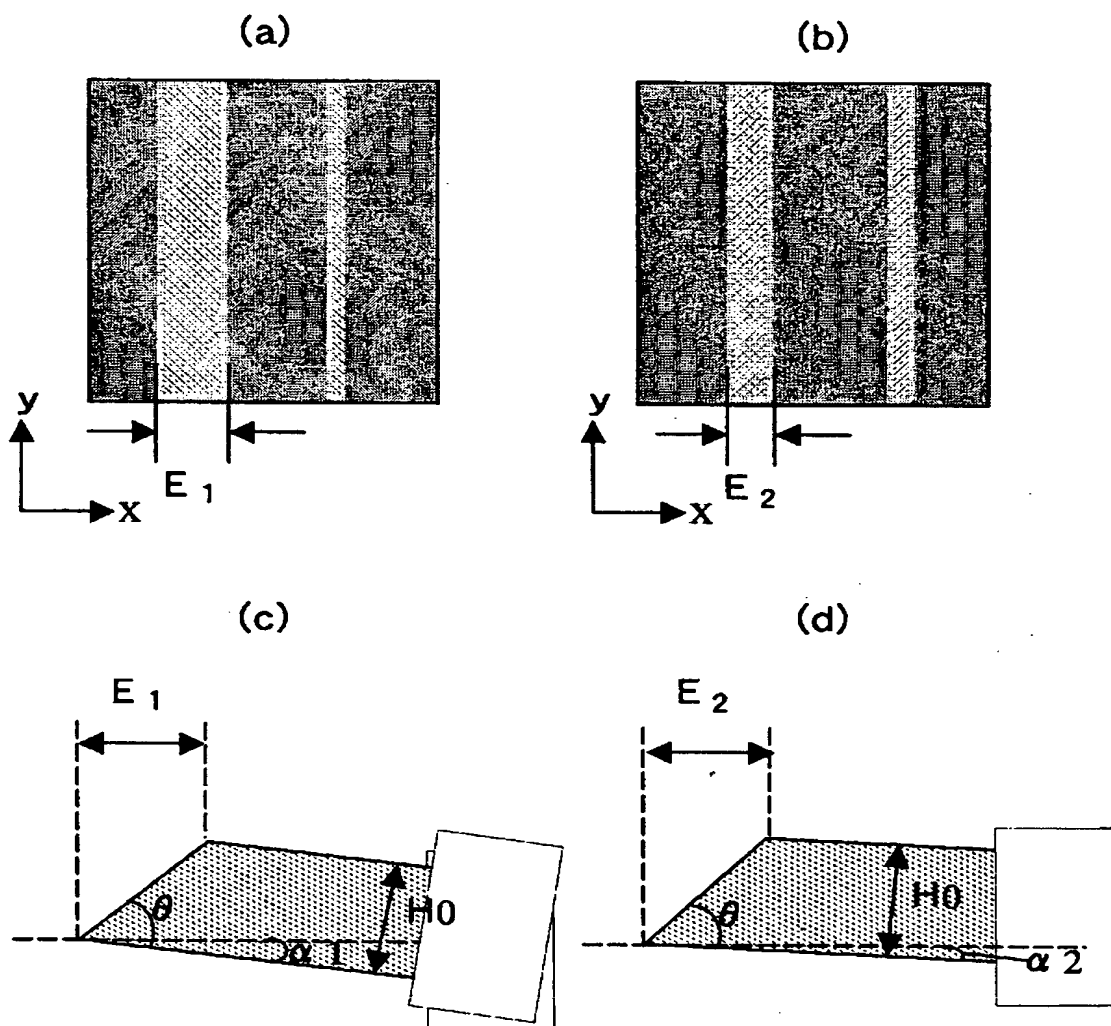
【図6】

図6



【図7】

図7

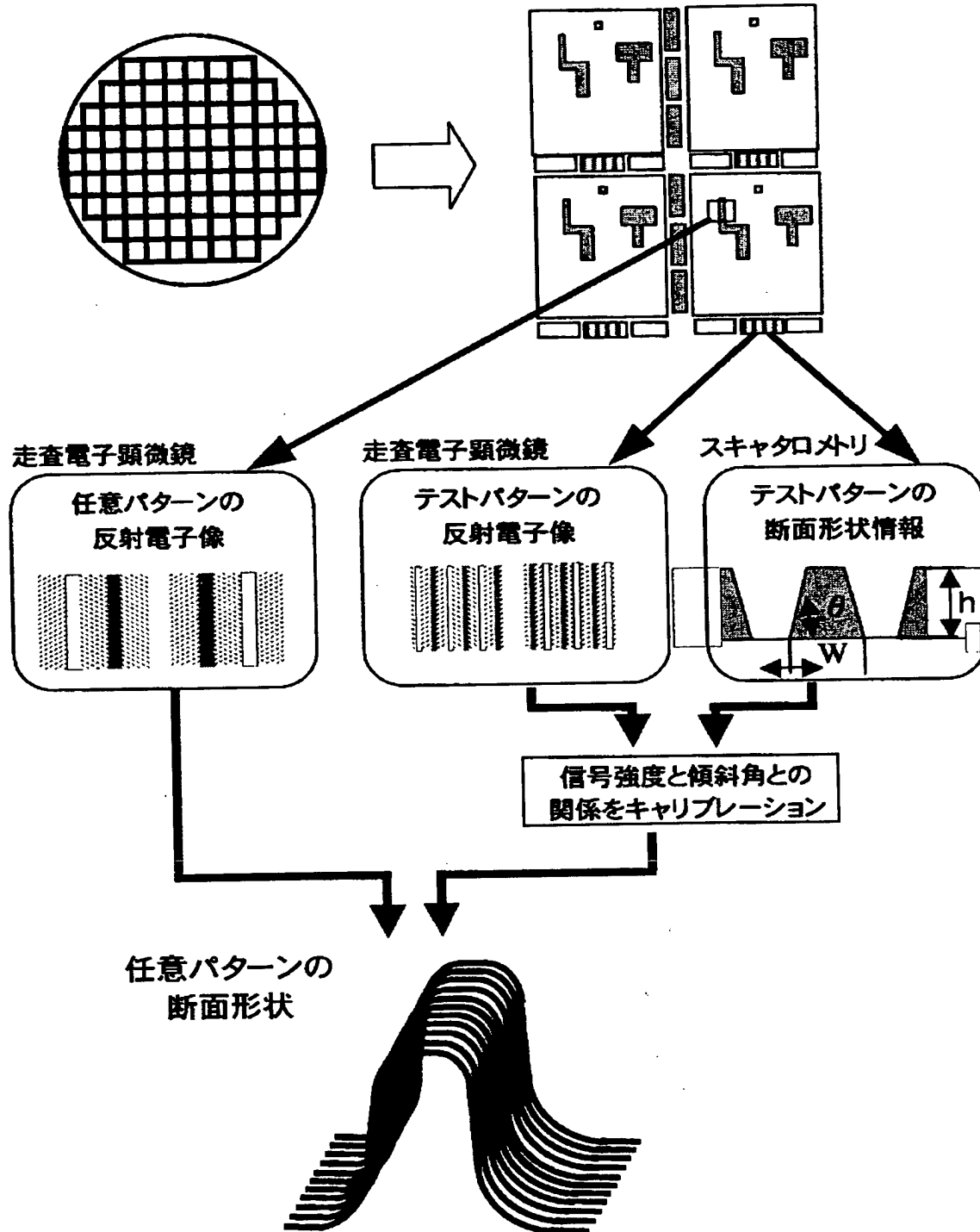


$$\Theta = \tan^{-1} \frac{E_1 \cos \alpha_2 - E_2 \cos \alpha_1}{E_1 \sin \alpha_2 - E_2 \sin \alpha_1} \quad \dots (7.1)$$

$$H_0 = \frac{E_1 \sin \theta}{\cos(\theta + \alpha_1)} \quad \dots (7.2)$$

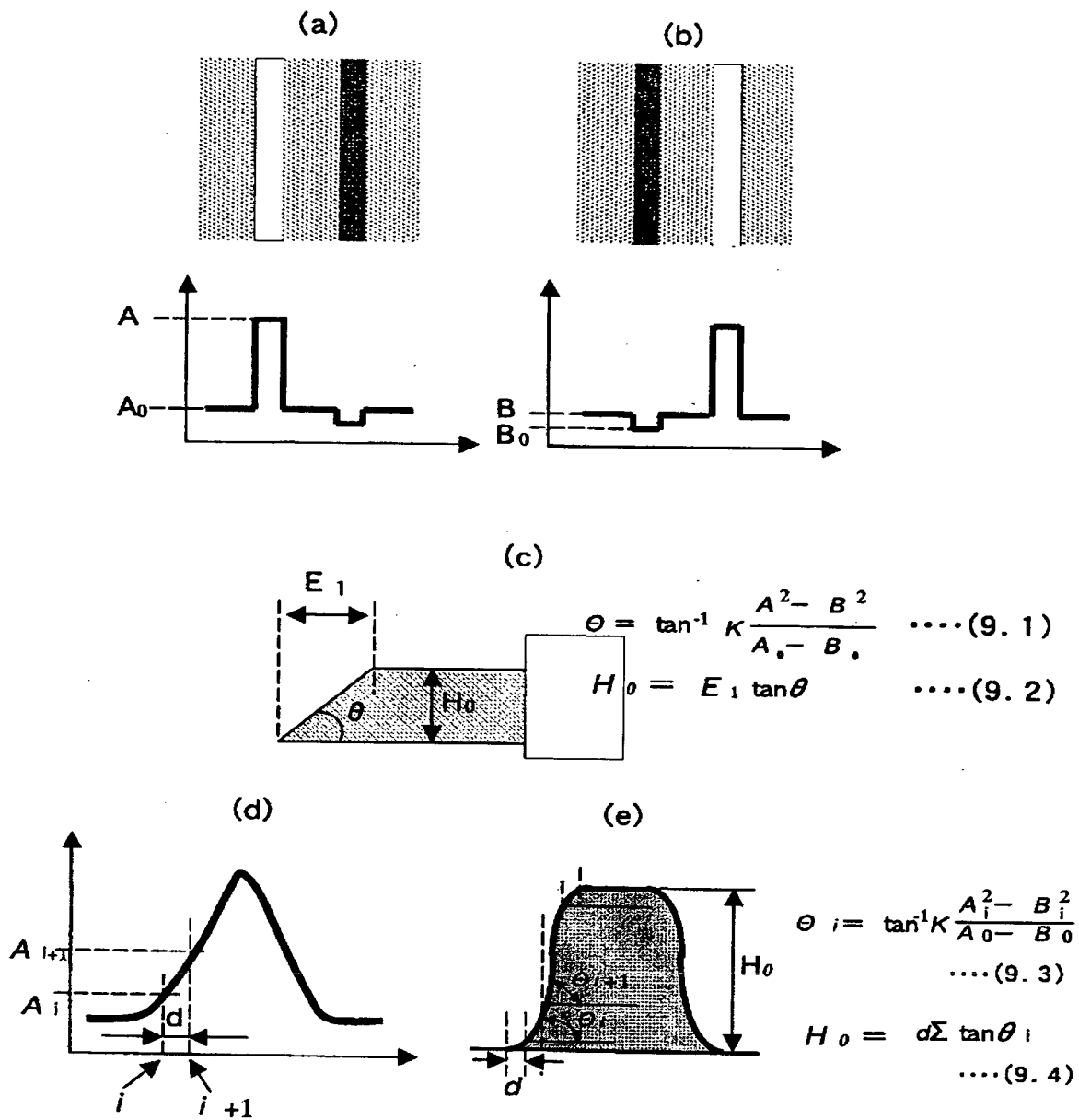
【図8】

図8



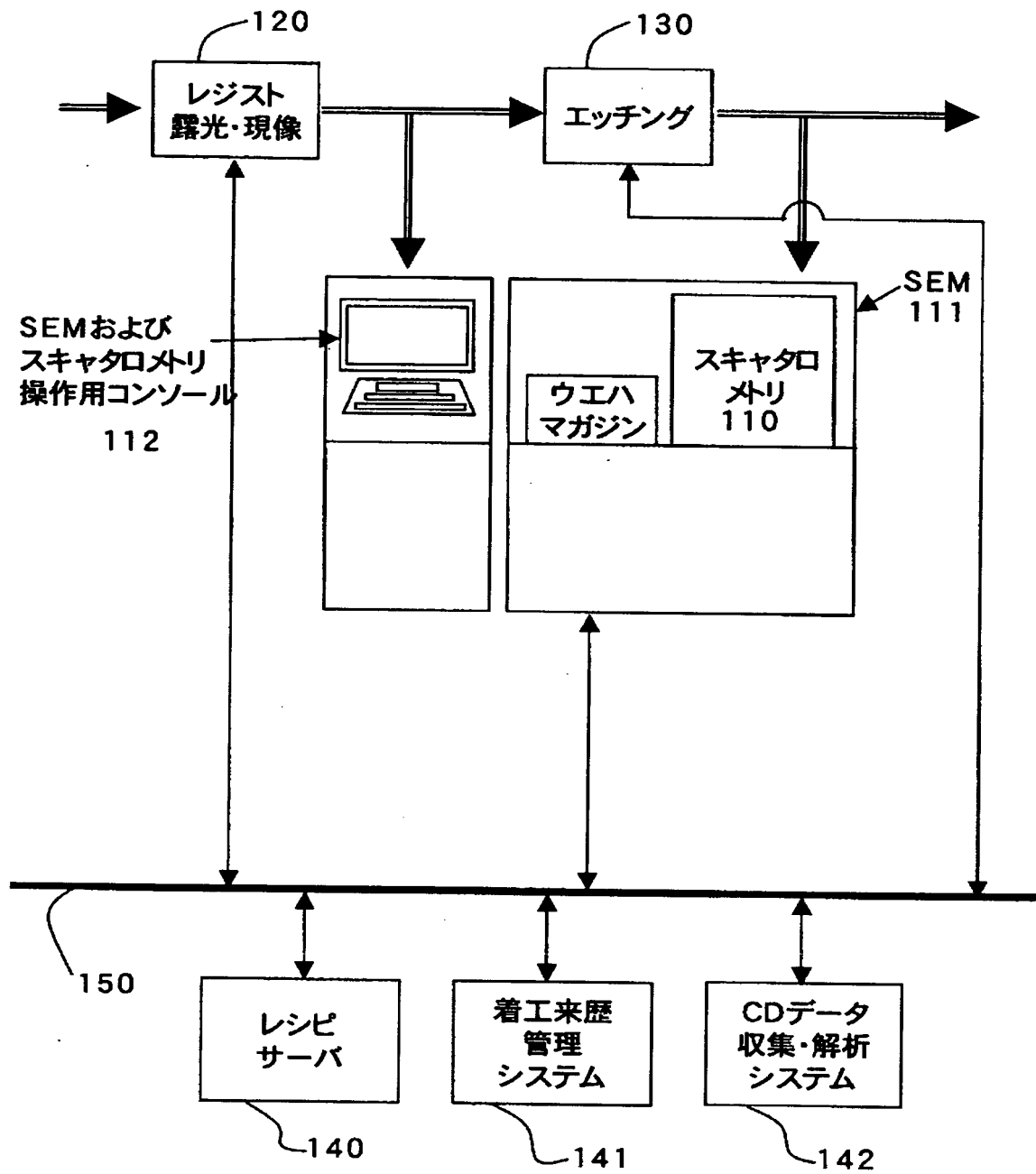
【図 9】

図9



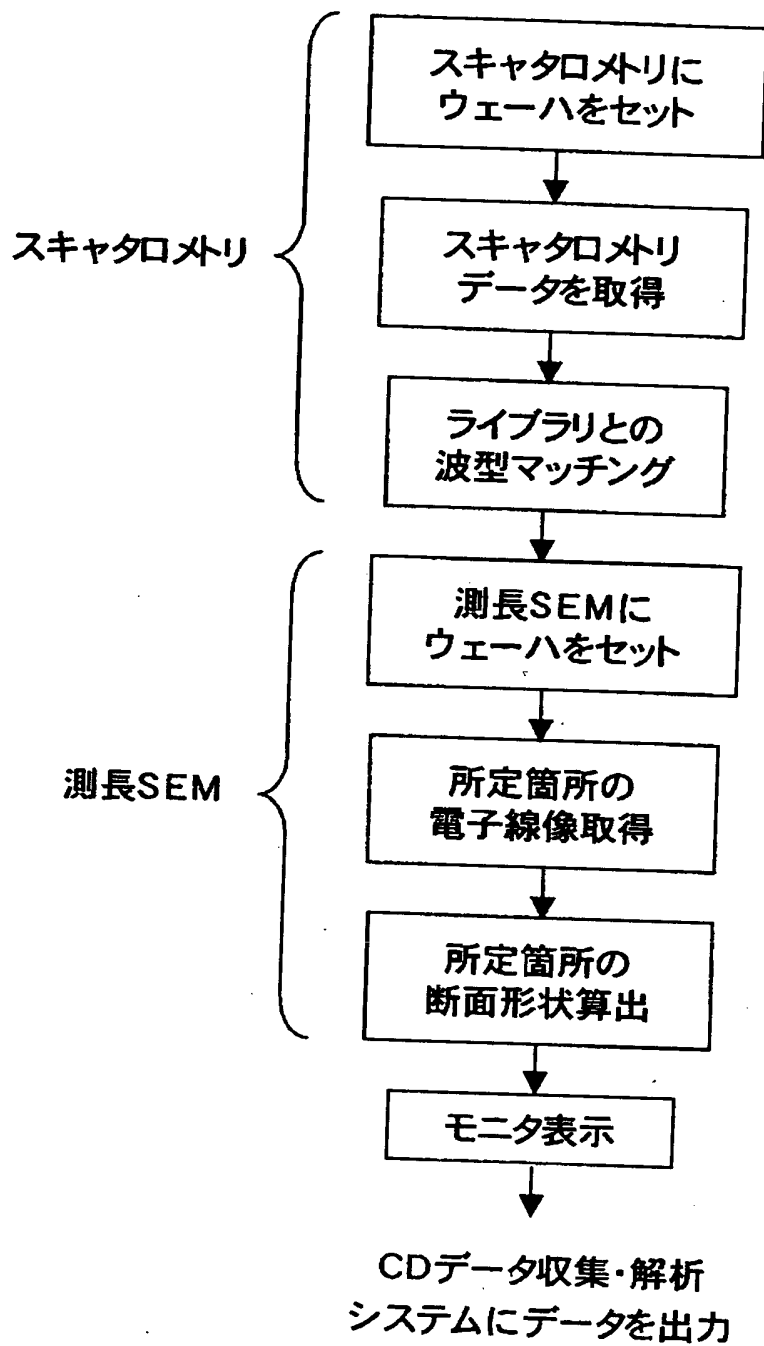
【図10】

図10



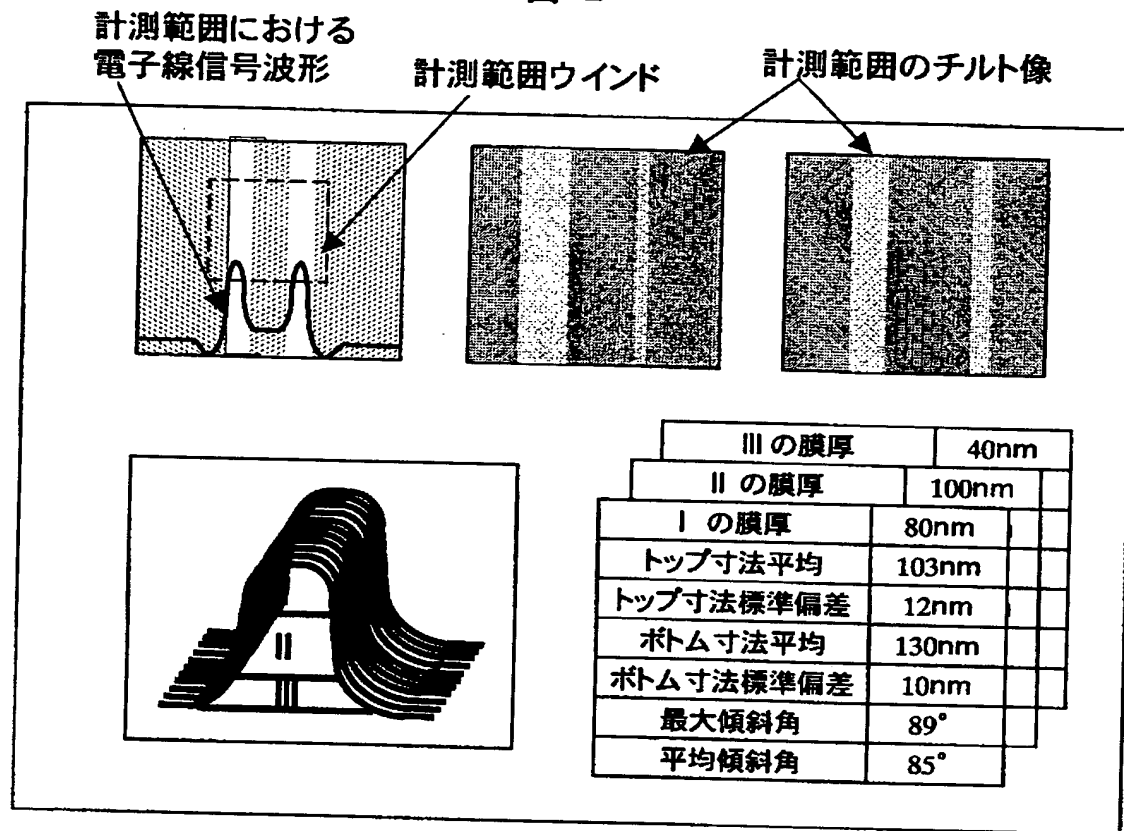
【図11】

図11



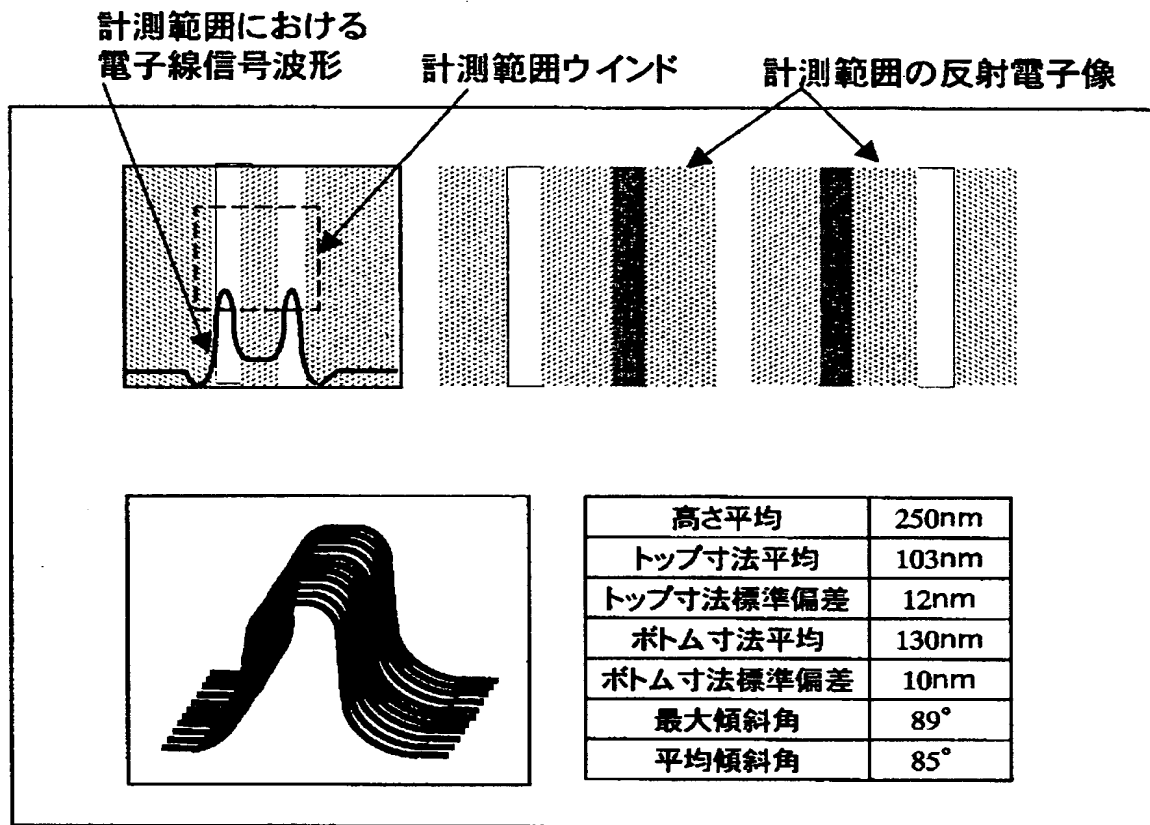
【図 12】

図12



【図 13】

図13



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体デバイス上の任意の微細パターンの3次元形状を計測する方法を提供する。

【解決手段】 光学式の測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に電子顕微鏡で任意パターンの電子線像を取得し、電子線像から得られる任意パターンの平面情報と断面形状情報を組み合わせることにより任意パターンの3次元形状を測定する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 0 8 9 9 8
受付番号	5 0 3 0 0 0 6 5 4 2 6
書類名	特許願
担当官	塩原 啓三 2 4 0 4
作成日	平成 1 5 年 2 月 2 5 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 1月17日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [501387839]

1. 変更年月日 2001年10月 3日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区西新橋一丁目24番14号

氏 名 株式会社日立ハイテクノロジーズ